

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-017276

(43)Date of publication of application : 22.01.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/18
H01S 3/10

(21)Application number : 09-163658

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 20.06.1997

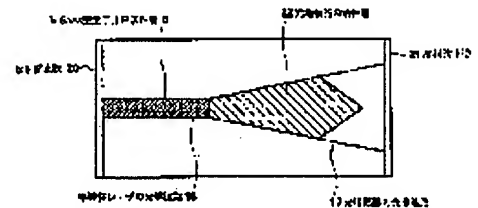
(72)Inventor : NISHITANI AKIHIKO
SUGO MITSURU
IGA RYUZO
TAKESHITA TATSUYA

(54) SEMICONDUCTOR DEVICE WITH SEMICONDUCTOR LASER AND OPTICAL AMPLIFIER INTEGRATED THEREON

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor device in which a semiconductor laser and an optical amplifier are integrated with can be used as an excitation light source for a fiber amplifier.

SOLUTION: A semiconductor device in which a semiconductor laser and an optical amplifier are integrated is provided with a semiconductor laser having a first optical waveguide 16 formed on a semiconductor substrate, optical amplifier having a second optical waveguide 17 formed on the substrate so that light from the semiconductor laser can be combined, and electric means for independently exciting the semiconductor laser and the light amplifier. In this case, the second optical waveguide 17 is connected with the first optical waveguide 16 with the same width and the width is increased according as it goes toward the edge face. An active layer 22 of the optical amplifier is connected with the first optical waveguide 16 with the same width, and this active layer 22 is provided with an area having the same width as the second optical waveguide 17, and an area connected with the area whose width is decreased according as it goes toward the edge face.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-17276

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月22日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18
3/10

H 0 1 S 3/18
3/10

Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-163658

(22) 出願日 平成9年(1997) 6月20日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 西谷 昭彦

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 須郷 満

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 伊賀 龍三

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 光石 俊郎 (外2名)

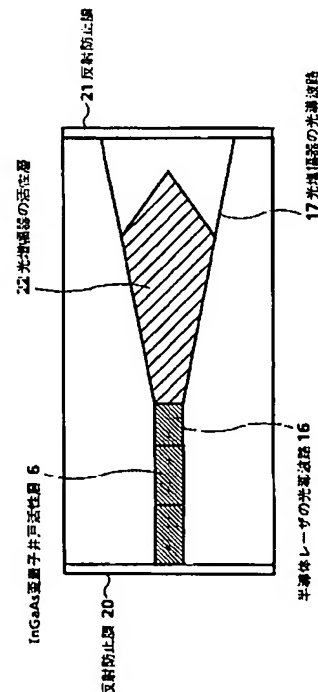
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 ファイバンプ用励起光源として利用可能な、半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置を提供することを課題とする。

【解決手段】 半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置において、半導体基板上に形成された第1の光導波路16を持つ半導体レーザと、前記の半導体レーザからの光が結合するように前記の基板上に形成された第2の光導波路17を持つ光増幅器と、半導体レーザと光増幅器のそれぞれを独立に励起する電気的手段とを具備し、前記の第2の光導波路17は、前記の第1の光導波路と同一の幅で接続して端面に向かうに従って幅が広がり、且つ前記の光増幅器の活性層22は、前記の第1の光導波路16と同一の幅で接続して前記の第2の光導波路17と同一の幅を持つ領域と、前記の領域と接続して端面に向かうに従って幅が狭くなっている領域を持つ。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置において、半導体基板上に形成された第1の光導波路を持つ半導体レーザと、

前記の半導体レーザからの光が結合するように前記の基板上に形成された第2の光導波路を持つ光増幅器と、半導体レーザと光増幅器のそれぞれを独立に励起する電気的手段とを具備し、

前記の第2の光導波路は、前記の第1の光導波路と同一の幅で接続して端面に向かうに従って幅が広がっており、且つ前記の光増幅器の活性層は、前記の第1の光導波路と同一の幅で接続して前記の第2の光導波路と同一の幅を持つ領域と、前記の領域と接続して端面に向かうに従って幅が狭くなっている領域を持つことを特徴とする半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置。

【請求項2】 請求項1において、

前記の第2の光導波路と端面との間に前記の第2の光導波路より屈折率の低い領域を持つことを特徴とする半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置。

【請求項3】 請求項1において、

前記の第2の光導波路と端面との間に前記の半導体レーザからの光よりエネルギーが大きい禁制帯幅を有する半導体層の領域を持つことを特徴とする半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置。

【請求項4】 請求項1において、

前記の半導体レーザが、分布ブラッグ反射型レーザであることを特徴とする半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置。

【請求項5】 請求項1において、

前記の半導体レーザが、分布帰還型レーザであることを特徴とする半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置。

【請求項6】 請求項1において、

前記の半導体レーザが、リッジメサ側面近傍に回折格子を持つリッジ導波路型レーザであることを特徴とする半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は高い光出力が得られる半導体装置に関するものである。特にファイバアンプ用励起光源として利用可能な、半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、ガリウム砒素（GaAs）基板上に積層された半導体層を有する半導体レーザが種々提案されている。このような半導体レーザの中で、InGaAs/GaAs 歪量子井戸層を活性層とした800ないし1100nmの波長帯のレーザは光通信、特にファイバアンプ用励起光源として用いられている。前記の励起

光源には高出力動作が求められているが、半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置はこの点で有利である。従来技術による半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置は、下記の文献1にあるように、光増幅器の活性層として台形で層厚が一定な活性層を用いており、出射光を広い端面領域に分布させて出射光密度を低減している（米国特許第4744089号（Monolithic semiconductor laser and optical amplifier）参照）。

【0003】出射光密度の低減は端面劣化の抑制につながるため、信頼性の高い半導体装置を提供できる。しかし、上記の半導体装置では台形で層厚が一定な活性層を用いているために、出射光の遠視野像が極端に偏平になってしまい、単一モードファイバと光結合するのが非常に困難であるという問題があった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来技術による半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置では、単一モードファイバに光結合することが困難である。それ故、本発明はこのような事情に基づいてなされたものであり、その目的は、高出力動作を保ちながら容易に単一モードファイバとの光結合が可能で信頼性の高い半導体装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決する本発明の半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置は、以下のように特定される。

【0006】（1）【請求項1】の発明は、半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置において、半導体基板上に形成された第1の光導波路を持つ半導体レーザと、前記の半導体レーザからの光が結合するように前記の基板上に形成された第2の光導波路を持つ光増幅器と、半導体レーザと光増幅器のそれぞれを独立に励起する電気的手段とを具備し、前記の第2の光導波路は、前記の第1の光導波路と同一の幅で接続して端面に向かうに従って幅が広がっており、且つ前記の光増幅器の活性層は、前記の第1の光導波路と同一の幅で接続して前記の第2の光導波路と同一の幅を持つ領域と、前記の領域と接続して端面に向かうに従って幅が狭くなっている領域を持つことを特徴とする。

【0007】（2）【請求項2】の発明は、請求項1において、前記の第2の光導波路と端面との間に前記の第2の光導波路より屈折率の低い領域を持つことを特徴とする半導体装置。

【0008】（3）【請求項3】の発明は、請求項1において、前記の第2の光導波路と端面との間に前記の半導体レーザからの光よりエネルギーが大きい禁制帯幅を有する半導体層の領域を持つことを特徴とする。

【0009】（4）【請求項4】の発明は、請求項1において、前記の半導体レーザが、分布ブラッグ反射型レーザであることを特徴とする。

【0010】(5) [請求項5]の発明は、請求項1において、前記の半導体レーザが、分布帰還型レーザであることを特徴とする。

【0011】(6) [請求項6]の発明は、請求項1において、前記の半導体レーザが、リッジメサ側面近傍に回折格子を持つリッジ導波路型レーザであることを特徴とする。

【0012】前記開示される発明のうち代表的なものの概要を簡単に説明する。

【0013】[請求項1]の発明は、光増幅器の光導波路が、半導体レーザの光導波路と同一の幅で接続して端面に向かうに従って幅が広がっており、また、光増幅器の活性層が、光増幅器の光導波路と同一の幅を持つ領域と、前記の領域と接続して端面に向かうに従って幅が狭くなっている領域を持つものである。これにより、光増幅器の活性層が端面に向かうに従って幅が狭くなっているため、光導波路からの光のしみだしが起り、出射光の近視野像が垂直方向にも広がる。出射光の近視野像と遠視野像はフーリエ変換の関係にあるので、このことは遠視野像の垂直放射角が狭くなることを意味する。これに対し、従来技術による半導体装置では、出射光の遠視野像が極端に扁平であったのが、本発明による半導体装置では、垂直放射角が狭くなるために容易に単一モードファイバに光結合できる。さらに、出射光の近視野像が広がることで端面における出射光密度が低減して端面劣化の抑制につながるため、より信頼性の高い半導体装置を提供できる。

【0014】[請求項2]の発明は、光増幅器の光導波路と端面との間に前記の光導波路より屈折率の低い領域を持つものである。これにより、光増幅器の光導波路と端面との間によりエネルギーが大きい禁制帯幅を有する半導体層の領域(屈折率の低い領域)を持つので、端面近傍の光吸収を抑制することができる。すなわち、いわゆる窓構造を形成することになり、さらにより信頼性の高い半導体装置を提供できる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態の一例を説明する。図1は、本発明による半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置の概観を示す、上面から見た平面図である。本発明による半導体装置は、半導体レーザおよび光増幅器の二つの要素から構成されている。ここでは、[請求項4]にある分布ブラッグ反射型レーザを用いた場合を一例として取り上げる。図1中、符号16は半導体レーザの光導波路、17は光増幅器の光導波路である。18および19は分布ブラッグ反射器、20および21は反射防止膜を各々図示する。ただし、半導体レーザおよび光増幅器を励起する電気的手段は図には示されていない。

【0016】図2は、本発明による半導体装置の共振器方向の構造を示す、図1のA-A'線における断面図で

ある。図2中、符号6は半導体レーザの $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 歪量子井戸活性層、22は光増幅器の活性層、12は絶縁層、13は半導体レーザのp電極、14は光増幅器のp電極、15はn電極を各々図示する。

【0017】図3は、本発明による半導体装置における半導体レーザの積層構造を示す、図1のB-B'線における断面図である。図1中、符号1は n^+-GaAs 基板、2は n-GaAs バッファ層、3は $\text{n-Al}_p\text{Ga}_{1-p}\text{As}$ ($p>q$) クラッド層、4は $\text{n-Al}_q\text{Ga}_{1-q}\text{As}$ ガイド層、5は $\text{n-Al}_r\text{Ga}_{1-r}\text{As}$ ($0<r<q$) SCH (Separate-Confinement-Heterostructure) 層、6は $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 歪量子井戸活性層、7は $\text{p-Al}_r\text{Ga}_{1-r}\text{As}$ ($0<r<q$) SCH層、8は $\text{p-Al}_q\text{Ga}_{1-q}\text{As}$ ガイド層、9は $\text{p-Al}_p\text{Ga}_{1-p}\text{As}$ ($p>q$) クラッド層、10は p^+-GaAs コンタクト層、11は $\text{Al}_s\text{Ga}_{1-s}\text{As}$ ($s>p$) 埋め込み層、12は絶縁層、13はp電極、15はn電極を各々図示する。ここで、活性層は圧縮歪を持つ一重の量子井戸層であり、波長980nmでレーザ発振させるためにIn組成を0.23 ($x=0.23$)、層厚を7nmとする。クラッド層のAl組成pはガイド層のAl組成qより大きく ($p>q$)、SCH層のAl組成rは0より大きくガイド層のAl組成qより小さくなるように設定する ($0<r<q$)。また、埋め込み層のAl組成sはクラッド層のAl組成pより大きくなるように設定する ($s>p$)。前記のAl組成の変化により光を閉じ込めて光導波構造とする。

【0018】上記の積層構造を実現するために、エピタキシャル結晶成長装置(MOVPE法:有機金属気相成長法、あるいはMBE法:分子線エピタキシー法)により、 n^+-GaAs 基板1上に半導体薄膜層2から10までを成長する。MOVPE法では、半導体薄膜層成長の原料としてトリメチルインジウム(TMI)、トリエチルガリウム(TEG)、トリメチルアルミニウム(TMA)およびアルシン(AsH_3)を、n型ドーパントとしてセレン化水素(H_2Se)、p型ドーパントとしてジエチルジンク(DEZn)を利用した。エピタキシャル成長温度は約700℃、成長圧力は約10⁴ Paとしている。キャリアガスは水素(H_2)である。MBE法では原料として金属ガリウム(Ga)、インジウム(In)、アルミニウム(Al)および固体砒素(As)を、n型ドーパントとしてシリコン(Si)、p型ドーパントとして亜鉛(Zn)を利用した。エピタキシャル成長温度は約650℃、成長圧力は約10⁻² Paとしている。

【0019】図4は、本発明による半導体装置における活性層の構成を上面から示す、図2のC-C'線における断面図である。半導体レーザの活性層6と光増幅器の活性層22の領域は、それぞれ個別のパターンで図に示されている。ここで、半導体レーザからの光が結合するよ

うに前記の基板上に形成された光増幅器の光導波路17は、前記レーザの光導波路16と同一の幅で接続して端面に向かうに従って幅が広がっていると共に前記の光増幅器の活性層22は、前記光導波路16と同一の幅で接続して前記の光導波路の光導波路17と同一の幅を持つ領域と、前記の領域と接続して端面に向かうに従って幅が狭くなっている領域とを持つので、光増幅器の活性層22は図に示すような五角形の領域を持つこととなる。これにより、光増幅器の活性層22が端面の反射防止膜21に向かうに従って幅が狭くなっているため、光増幅器の光導波路17からの光のしみだしが起り、出射光の近視野像が垂直方向にも広がる。

【0020】図1ないし図4において説明した半導体装置を製作する手順を以下に説明する。上記の半導体レーザの積層構造のうちn-バッファ層2からp-ガイド層8までをMOVPE法によりGaAs基板1上に成長する。所定のパタンによるエッチングを行い、分布ブラッグ型反射器となる2次回折格子18および19をp-ガイド層8に形成する。この後、p-クラッド層9およびコンタクト層10を再成長して半導体レーザの積層構造を完成する。

【0021】上記の半導体レーザの積層構造に対して所定のパタンによるエッチングを行い、光増幅器を形成すべき領域の成長層を取り除く。ここでは、コンタクト層10からn-ガイド層4までを加工して取り除いておく。この後、適当なマスクパタンを用いて、半導体レーザの場合と同様にMOVPE法により、光増幅器のn-ガイド層、n-SCH層、活性層22、およびp-SCH層を再成長する。ここで、光増幅器の活性層は、三重の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ 歪量子井戸層と前記の量子井戸層に挟まれる二重のGaAsバリア層とから構成する。半導体レーザおよび光増幅器の積層構造をそれぞれ個別に成長させることにより、前記の構成要素の機能に特化した積層構造を形成できる。

【0022】上記の光増幅器の積層構造に対して所定のパタンによるエッチングを行い、光増幅器のp-SCH層、活性層22、およびn-SCH層を加工する。ここで、活性層22が図4に示すような五角形の領域を持つようにする。この後、適当なマスクパタンを用いたMOVPE法により、光増幅器のp-ガイド層、p-クラッド層、およびコンタクト層を再成長する。ここで、ガイド層およびクラッド層の層構成は、光増幅器の光導波路から光のしみだしが起こるように設定する。半導体レーザおよび光増幅器の積層構造をそれぞれ個別に成長させることにより、前記の光のしみだしを制御することができる。

【0023】半導体レーザの光導波路16および光増幅器の光導波路17を形成するために、上記の積層構造に対して所定のパタンによるエッチングを行い、コンタクト層10からn-クラッド層3までを加工する。図1に

示すように、半導体レーザの光導波路としては、幅4 μm のリッジメサストライプを形成する。また、光増幅器の光導波路としては、半導体レーザと幅4 μm で接続して6度の拡がり角を持つリッジメサを形成する。前記のリッジメサに対して適当なマスクパタンを用いたMOVPE法により埋め込み再成長を行う。ここでは、注入電流のリッジメサへの狭窄のためにp-埋め込み層およびn-埋め込み層を順次積層させる。

【0024】埋め込み再成長後、例えばマグネトロンスパッタ法でSiの酸化膜(SiO_2)からなる絶縁層12を基板表面全体に形成し、リッジ上部の電流注入領域上にある SiO_2 だけをエッチングにより除去する。その後、例えばクロム(Cr)および金(Au)(Cr/Au)、あるいはTi、白金(Pt)およびAu(Ti/Pt/Au)からなるp電極13および14を形成する。その後、厚さ100 μm まで基板表面を研磨し、例えばAu、ゲルマニウム(Ge)およびニッケル(Ni)(Au/Ge/Ni)からなるn電極15を形成する。最後にオーミックシンターにより電極部を完成する。こうして形成されたウェハを、共振器方向と垂直方向に劈開して、例えば長さ10mm、幅4mmのウェハに分割する。分割されたウェハの劈開面に、例えばプラズマCVD法を用いて、反射防止膜20および21として例えばSiの窒化膜(Si_3N_4)を付着させる。前記の反射防止膜は端面保護膜としても作用する。その後、前記のウェハをさらに劈開により個別の半導体素子に分割する。前記の半導体素子についてモジュールとしての実装および組立を行い、半導体装置とする。

【0025】ここでは、[請求項1]および[請求項4]にもとづく本発明の実施の形態の一例を説明したが、[請求項2]及び[請求項3]にもとづいて本発明を実施する場合には、半導体レーザの光導波路16および光増幅器の光導波路17を形成する際に、端面近傍の光導波路17も取り除くような所定のパタンによりエッチングを行い、コンタクト層10からn-クラッド層3までを加工し、加工後において、前記の第2の光導波路と端面との間に前記の第2の光導波路より屈折率の低い領域や、前記の第2の光導波路と端面との間に前記の半導体レーザからの光よりエネルギーが大きい禁制帯幅を有する半導体層の領域を形成すればよい。

【0026】また、[請求項5]にもとづいて本発明を実施する場合には、分布帰還型レーザとなるような所定のパタンにより2次回折格子をp-ガイド層8に形成すればよい。

【0027】また、[請求項6]にもとづいて本発明を実施する場合には、前記の半導体レーザとして、リッジメサ側面近傍に回折格子を持つリッジ導波路型レーザを用いればよい。

【0028】以上、本発明の実施の形態の一例としてInGaAs/AlGaAs埋め込みヘテロ構造の半導体

装置について詳細に説明した。しかし、本発明は〔請求項6〕に述べたような他の構造の半導体装置、およびAlGaAs以外の化合物半導体からなる半導体装置にも同様に適用可能である。また、製作工程および素子パラメータは、上記のものと異なるものであってもよい。

【0029】

【発明の効果】以上説明したことから明かなように、本発明による半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置によれば、光増幅器の活性層が、光増幅器の光導波路と同一の幅を持つ領域と、前記の領域と接続して端面に向かうに従って幅が狭くなっている領域を持つために、出射光の垂直放射角を狭くできる。さらに、端面における出射光密度を低減できる。従って、高出力動作を保ちながら容易に単一モードファイバとの光結合が可能で信頼性の高い半導体装置を提供できるという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による半導体レーザと光増幅器を集積化した半導体装置の上面から見た平面図。

【図2】図1のA-A'線における断面図。

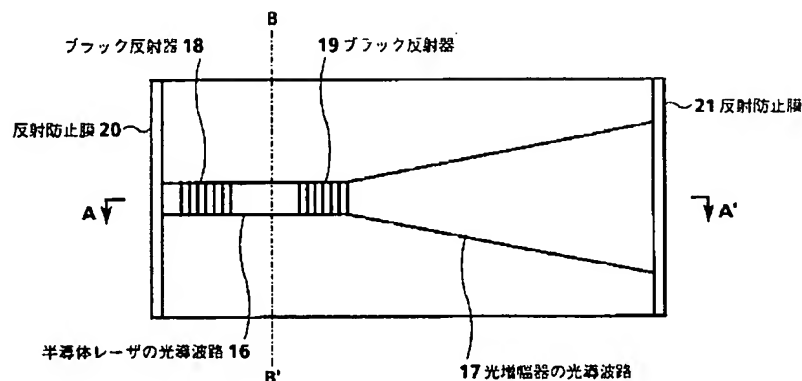
【図3】図1のB-B'線における断面図。

【図4】図2のC-C'線における断面図。

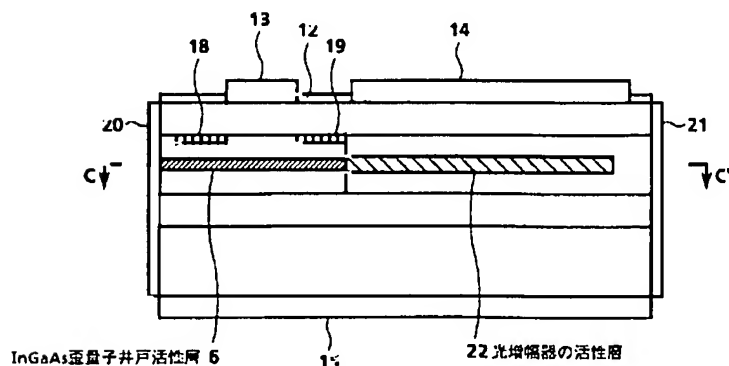
【符号の説明】

- 1 n^+ -GaAs基板
- 2 n -GaAsバッファ層
- 3 n -Al_pGa_{1-p}Asクラッド層
- 4 n -Al_qGa_{1-q}Asガイド層
- 5 n -Al_rGa_{1-r}AsSCH層
- 6 半導体レーザのIn_xGa_{1-x}As歪量子井戸活性層
- 7 p -Al_rGa_{1-r}AsSCH層
- 8 p -Al_qGa_{1-q}Asガイド層
- 9 p -Al_pGa_{1-p}Asクラッド層
- 10 p^+ -GaAsコンタクト層
- 11 Al_sGa_{1-s}As埋め込み層
- 12 絶縁層
- 13 半導体レーザのp電極
- 14 光増幅器のp電極
- 15 n電極
- 16 半導体レーザの光導波路
- 17 光増幅器の光導波路
- 18, 19 分布ブラッグ反射器
- 20, 21 反射防止膜
- 22 光増幅器の活性層

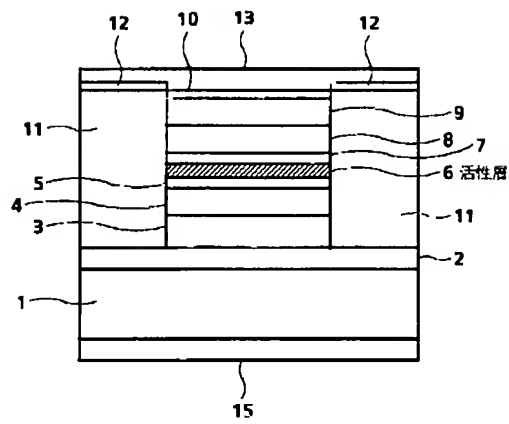
【図1】



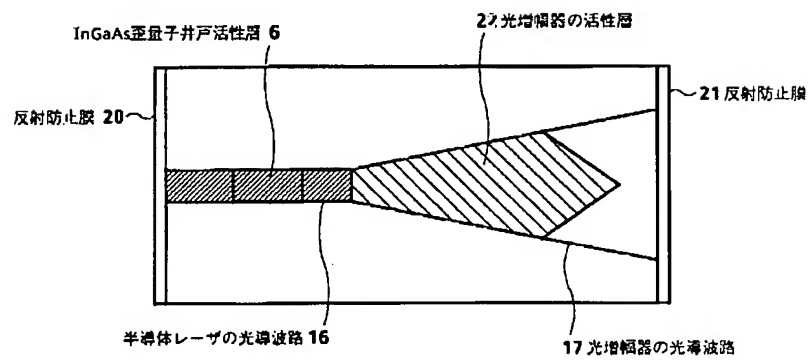
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 竹下 達也
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内